the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


# Zur Kenntniss des Milchsaftsystems der Convolvulaceen

von

Dr. **Friedrich Czapek.**

Arbeiten des botanischen Institutes der k. k. Universität in Prag.

(Mit 5 Tafeln.)

Während in Bezug auf die Entwicklungsgeschichte und den Bau der gegliederten und ungegliederten Milchröhren, mehrere umfassende Arbeiten der neueren Zeit[1] weitgehende Aufklärungen erbracht haben, scheint die Entstehungsart, sowie manche anatomischen Einzelheiten der »Harz- oder Milchsaftschläuche« De Bary's,[2] wie wir sie z. B. bei den Convolvulaceen und Sapotaceen antreffen, noch nicht eingehender studirt worden zu sein. Der Zweck der vorliegenden Arbeit war, an der Hand des am leichtesten zugänglichen einschlägigen Materiales der Familie der Convolvulaceen, einige Kenntnisse hierüber zu sammeln.

Die Literatur über den Milchsaftapparat der Convolvulaceen stammt, soweit sie mir zugänglich war, fast insgesammt aus älterer Zeit, und betrifft ausschliesslich das secretorische System der erwachsenen Pflanze. Die ersten ausführlichen

---

[1] Vergl. hiezu besonders: Schmalhausen, Beiträge zur Kenntniss der Milchsaftbehälter der Pflanzen, Petersburg, 1877. Derselbe in De Bary, Vergleichende Anatomie, S. 205. Scott, Zur Entwicklungsgeschichte der gegliederten Milchröhren. Arbeiten aus dem botan. Institut zu Würzburg. II. Bd., S. 648. Chauveaud, Récherches embryogen. sur l'appareil laticifère. Annal. d. scienc. nat. VII. sér. T. 14, p. 1.

[2] De Bary, Vergl. Anatomie, S. 152.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Mittheilungen über die Milchsaftgefässe von *Convolvulus* rühren von Vogl[1] her. In diesen Arbeiten wurden mehrere ältere Anschauungsweisen über die Entstehung der Milchsaftzellen als unrichtig erkannt, und es wurde der Nachweis erbracht, dass die Secretzellen, soweit sie im Rindenparenchym und Mark vorkommen, ebenfalls Parenchymzellen sind. Ferner wurde das Vorkommen von Milchsaftschläuchen im Phloëm perennirender unterirdischer Stammtheile von *Convolvulus* sichergestellt. Es ergab sich endlich die bemerkenswerthe Thatsache, dass die Wand der Secretzellen mit Jod und Schwefelsäure behandelt sich nicht blau färbt, also nicht aus Cellulose besteht. Trécul[2] berichtete fast gleichzeitig mit Vogl über Beobachtungen an den Milchsaftschläuchen von Convolvulaceen, welche mit den von Vogl gemachten vollkommen übereinstimmen. Auch dieser Forscher beschreibt die Secretschläuche der Convolvulaceen als aus Zellen zusammengesetzt und bestätigt die Angabe, dass deren Wände mit Jod und Schwefelsäure sich nicht blau färben. Trécul macht auch Angaben über das erste Auftreten von Secret in den jungen Milchsaftschläuchen, welches sich in der Bildung von kleinen Tröpfchen in der Mitte der Zelle äussert; er sah auch in alten Sprosstheilen den Inhalt der Milchsaftzellen verändert oder ganz verschwunden, sowie die Secretzellen daselbst nicht selten von den Nachbarzellen zusammengedrückt. Beide genannte Autoren waren der Meinung, dass die Querwände der Michsaftzellreihen schliesslich resorbirt werden, und somit die Secretschläuche der erwachsenen Pflanze Fusionsgebilde darstellen. Dieser Ansicht wird von De Bary[3] widersprochen; die Secretzellen sollen stets von einander getrennt bleiben. Auch die seinerzeit von Vogl angegebenen genetischen Beziehungen der Milchsaftschläuche im Phloëm zu den Siebröhren bestätigt De Bary nicht.

---

[1] Vogl, Beiträge zur Anat. und Histolog. v. *Convolvulus arvensis*; Verhandlung der k. k. zoolog. botan. Gesellsch. z. Wien, 1863. Bd. XIII, S. 257; und: Beiträge zur Kenntniss der Milchsaftorgane. Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot. V, S. 31.

[2] Trécul, Observat. sur les Laticifer. d. Convolvulacés, Compt. rend. T. 60, S. 825.

[3] De Bary, Vergleich. Anatomie. S. 158.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Schmitz[1] hatte die Milchsaftgefässe der perennirenden Convolvulaceenwurzeln untersucht; die Querwände der aus Cambialzellen hervorgegangenen Schlauchreihen können nach diesem Autor mehr weniger resorbirt werden; zu den Siebröhren stehen dagegen die Milchsaftzellen in keiner Beziehung. Die Secretzellen des Phloëms sind zum Unterschied von dem sie umgebenden Parenchym von Anfang an stärkefrei. Zacharias[2] untersuchte das Verhalten der Membran der Secretzellen der Convolvulaceen aufs Neue, und erbrachte auf Grund der von Höhnel angegebenen Reactionen den mikrochemischen Nachweis, dass diese Membranen verkorkt seien. Schleppegrell[3] berichtet nichts Neues über die Milchsaftschläuche der Convolvulaceen. H. Hallier[4] endlich gibt eine kurze Zusammenstellung unserer derzeitigen Kenntnisse vom Milchsaftapparate der Convolvulaceen, und macht speciell auf das häufige Vorkommen einzeln stehender Secretzellen im Mesophyll der Laubblätter aufmerksam.

Da die Entwicklungsgeschichte des Milchsaftsystems der Convolvulaceen in keiner der mir bekannt gewordenen Arbeiten über unseren Gegenstand behandelt worden war, so war in erster Linie diese Lücke auszufüllen. Als weitere Aufgabe ergab sich, den bisher noch nicht ausführlicher studirten Verlauf der Milchsaftschläuche in den Vegetationsorganen unserer Pflanzenfamilie, soweit als möglich klarzulegen. Es blieb endlich noch die Frage zu beantworten, ob die Querwände der Schlauchreihen thatsächlich resorbirt werden können, oder ob sie zeitlebens bestehen bleiben.

Die ersten orientirenden Untersuchungen an reifen Convolvulaceensamen ergaben, dass die Milchsaftschläuche in diesem Stadium der Embryonalentwicklung bereits ausgebildet sind,

---

[1] Schmitz, Anatom. Structur der perenn. Convolvulaceenwurzeln. Sitzungsb. d. naturforsch. Gesellsch. zu Halle. 31. Juli, 1874 und Botan. Ztg. 1874. S. 677, 686.

[2] Zacharias, Botan. Zeitg. 1879. S. 637..

[3] Schleppegrell, Beiträge zur vergleich. Anat. der Tubifloren. Botan. Centralbl. Bd. 49. (1892).

[4] H. Hallier, Versuch einer natürl. Glied. der Convolvulaceen. Engler's Botan. Jahrbücher. Bd. 16, S. 453.

the Harvard University, Download from The Biodiversity Heritage Library, www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


und zwar in ziemlich einheitlicher Weise. Die Verfolgung der ersten Entwicklungsstadien des embryonalen Milchsaftsystems im heranreifenden Samen, sowie die Ausbildung des secretorischen Apparates während der Keimung und den Jugendstadien der Pflanze ergab, soweit die Untersuchungen reichten, gleichfalls sehr wenige specifische Verschiedenheiten innerhalb der Familie. In Bezug auf die Verhältnisse in der erwachsenen Pflanze nimmt jedoch *Dichondra* (von welcher Gattung keine Samen zu Gebote standen und nur blühende Exemplare untersucht werden konnten) eine Sonderstellung gegenüber den anderen untersuchten Arten ein. Nach den Befunden an der blühenden Pflanze von *Dichondra* muss man schliessen, dass gewiss auch entwicklungsgeschichtliche Differenzen mit den übrigen Convolvulaceen vorhanden sind. Das zu Gebote stehende Material vertheilte sich auf die Gruppen der *Dichondreae*, *Dicranostyleae*, *Argyreinae* und *Convolvulinae* nach der Eintheilung Peter's.[1] Indem die drei letztgenannten Tribus in Bezug auf Anlage und Ausbildung des Milchsaftapparates sich recht übereinstimmend zeigten, *Dichondra* aber im erwachsenen Zustande wesentlich abwich und auch nicht entwicklungsgeschichtlich studirt werden konnte, soll die letztere Gattung für sich besprochen werden, während alle anderen Arten einer gemeinschaftlichen Behandlung unterzogen werden können.

## I. Convolvuleentypus des Milchsaftsystems.

Diesem Typus gehören, wie bereits hervorgehoben, die untersuchten Arten der *Dicranostyleae*, *Argyreinae* und *Convolvulinae* an. Es waren dies folgende:

*Dicranostyleae:* *Stylisma evolvuloides* Choisy.
*Evolvulus alsinoides* L.
*Argyreinae:* *Argyreia speudens* Sw.
*Convolvulinae:* *Mina lobata* Llav. et Lex.
*Calonyction speciosum* Chois.
*Quamoclit vulgaris* Chois.

[1] Peter in Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfamilien. IV. Th. Abth. 3*a*, Seite 1.

the Harvard University, Digitized for The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


*Convolvulinae: Quamoclit coccinea* Mnch.
— *hederifolia* Chois.
*Exogonium racemosum* Chois.
*Ipomoea atropurpurea* Chois.
— *obscura* Lindl.
— *superba* Don.
— *sibirica* Pers.
— *leucantha* Jacq.
— *digitata* L.
*Pharbitis hispida* Chois.
— *limbata* Lindl.
— *medians* Chois.
— *violacea* Boj.
— *diversifolia* Chois.
*Jacquemontia azurea* Chois.
*Convolvulus Cneorum* L.
— *tricolor* L.
— *pentapetaloides* L.
— *arvensis* L.
— *siculus* L.
— *pseudosiculus* Cav.
— *Hermanniae* L'Hér.
— *althaeoides* L.
— *Scammonia* L.
— *farinosus* Jacq.
— *mauritanicus* Boiss.
— *babylonicus* Ten.
*Calystegia sepium* R. Br.
— *dahurica* Chois.

In der Benennung der Arten folge ich Choisy.[1]

1. **Der Milchsaftapparat des Embryos im reifen Samen.**

Ein zum Studium dieser Verhältnisse sehr geeignetes Object bilden die kräftigen Embryonen von *Convolvulus tricolor*. Zur Untersuchung wurden die reifen Samen 12 bis 24 Stunden in Wasser gelegt, wobei durch das quellbare Endo-

[1] Choisy in De Candolle, Prodromus. T. IX.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


sperm die harte Samenschale gesprengt und in unregelmässige Felder zerrissen wird. Die Testa und das schleimig gewordene Endosperm lassen sich nunmehr leicht von dem Embryo abstreifen.[1]

Auf einem Querschnitt durch die Mitte des Hypocotyls constatirt man folgende Verhältnisse (vergl. Taf. I, Fig. 1). Durch die Procambiumstränge der Cotyledonarbündelanlagen wird das Rindenparenchym vom Marke geschieden. Die Epidermis besteht aus annähernd quadratischen Zellen; ihre Cuticula ist noch nicht entwickelt. Das Parenchym der Rinde besteht aus circa 12 Lagen von im Querschnitt kreisrund erscheinenden Zellen, deren 2—3 äussersten Lagen kleiner sind als die übrigen. Die Zellen stossen zu je drei aneinander, und bilden dreieckige lufterfüllte Intercellularlücken. Man bemerkt nun im Rindenparenchym fast stets drei Zellreihen tief unterhalb der Epidermis gelegen, gleichmässig längs der ganzen Peripherie des Hypocotyls zerstreute Zellen, welche sich, besonders an in Wasser liegenden Schnitten, sowohl durch ihre Form, als auch durch ihren Inhalt wesentlich von den übrigen Rindenparenchymzellen unterscheiden. Diese Zellen liegen stets einzeln, durch drei oder mehr Rindenzellen von einander getrennt. Ihre Zahl auf dem ganzen Querschnitt beträgt 30—40. Da der Zellinhalt durch sein stärkeres Lichtbrechungsvermögen auffällt, so tritt auch die Form der Zellen sehr hervor. Im Gegensatze zu den übrigen kreisrunden Parenchymzellen besitzen diese Zellen stets eine viereckige, meist rauten- oder deltoidförmige Gestalt, wobei die längere Diagonale der Zelle in der Richtung des Querschnittsradius verläuft. Diese deltoidförmigen Zellen bilden an ihren Ecken niemals Intercellularräume, sondern ihre vier Nachbarzellen schliessen lückenlos an. Weil die Wände der viereckigen Zellen nicht immer geradlinig verlaufen, sondern sich oft leicht nach aussen convex krümmen, nehmen ihre Nachbarzellen nicht selten eine rundlich-

[1] Die Morphologie des Convolvulaceensamens soll hier nicht weiter erörtert werden. Vergl. hiezu Kayser, Beiträge zur Kenntniss der Entwicklungsgeschichte der Samen. Pringsheim's Jahrb. für. wissensch. Bot. Bd. 25, S. 79; ferner Hallier l. c.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


nierenförmige Gestalt an. Diese viereckigen, einzeln längs der ganzen Peripherie des Stämmchens vertheilten Zellen sind die Anlagen der späteren Milchsaftschläuche. Ihre vier lückenlos anschliessenden Nachbarzellen seien im Folgenden der kürzeren Ausdrucksweise wegen als »Nebenzellen« bezeichnet, wobei aber ausdrücklich betont werden muss, dass sich diese Zellen, abgesehen von ihrer Form und dem lückenlosen Anschluss an die Secretzellen, in nichts von den übrigen Rindenparenchymzellen unterscheiden, und dass die Formation der »Nebenzellen« nur auf räumlichen mechanischen Verhältnissen beruht und nicht etwa besonders organisirte Zellen betrifft. Das letztere ist auch der Grund, warum hier der kürzeren Ausdrucksweise halber der terminologisch bekanntlich vergebene Name »Nebenzellen« gebraucht wird. Es soll damit kein Terminus eingeführt werden. Alle Secretzellen des Querschnittes befinden sich in demselben Entwicklungsstadium. Doch findet man, wenn auch selten, einzelne abweichend gebaute Secretzellen, welche man nach ihren Formverhältnissen, wenn man bereits mit der Entwicklungsgeschichte der Secretzellen vertraut ist, leicht als Hemmungsbildungen erkennt (vergl. Taf. I, Fig. 4).

Auf Längsschnitten durch das Hypocotyl sind die jungen Milchsaftzellen etwas schwieriger aufzufinden; man erkennt sie bei eingehender Durchmusterung dünner Schnitte an ihrer Längendimension, welche das 2—3-fache der Länge der übrigen Parenchymzellen beträgt. Sie sind in Längsreihen angeordnet, von längsgestreckt rechteckiger Form, während die übrigen Parenchymzellen breiter als hoch, also tafelförmig geformt sind. Bei Einstellung auf den optischen Längsschnitt der Milchsaftzellen erscheinen letztere jederseits von einer Reihe schmaler quadratischer Zellen begleitet. Geht man in eine höhere oder tiefere Einstellung über, so überzeugt man sich davon, dass sich diese Zellen allmälig verbreitern, und schliesslich über und unter der Reihe der Milchsaftzellen mit den ihnen entsprechenden Zellen der anderen Reihe zusammenstossen (vergl. Taf I, Fig. 5). Wenn man sich vergegenwärtigt, wie die »Nebenzellen« auf dem Querschnitt sich an die Secretzellen anschliessen, so wird man die Verhältnisse des Längsschnittes leicht verstehen. Die Querwände der Milchsaftzellreihen stehen senk-

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


recht auf der Längsaxe des Hypocotyls und sind stets intact.

Die Membranen der Milchsaftzellen geben so wie die der übrigen Parenchymzellen Cellulosereactionen. Der Inhalt der späteren Secretzellen bietet bereits auf diesem Entwicklungsstadium bemerkenswerthe Verschiedenheiten gegenüber den anderen Parenchymzellen dar, obgleich sie noch kein Secret enthalten. Die »Nebenzellen« führen denselben Inhalt wie die übrigen Rindenzellen. Die Gegenwart eines grossen Zellkernes, bereits ohne besondere Präparation oder Tinction nachweisbar, sowie ein wohlausgebildeter Plasmakörper sind allen Zellen gemeinsam. Während aber sämmtliche Parenchymzellen der Rinde, sowie die »Nebenzellen«, zahlreiche grosse Proteïnkörner enthalten, fehlen letztere den Milchsaftzellen. Bei manchen anderen Arten (z. B. *Calystegia sepium, Pharbitis limbata*) gelingt es, in den Parenchymzellen des Embryos ausser den Proteïnkörnern noch sehr kleine Stärkekörner nachzuweisen. In diesen Fällen fehlt den Milchsaftzellen auch die Stärke. Fehlen von Stärke und Proteïnkörnern ist demnach charakteristisch für den Zellinhalt der späteren Secretschläuche. Einen besonderen Inhaltsstoff, der nur den jungen Milchsaftzellen eigen ist, nachzuweisen, gelang nicht. In Alkohol, Äther etc. lösliche Substanzen, wie sie in den Milchsaftzellen des Keimlings vorkommen, finden sich im Embryo des reifen Samens in den entsprechenden Zellen nicht. Der Inhalt derselben gibt nur Eiweissreactionen.

Die Vertheilung der Milchsaftschläuche im Embryo des reifen Samens. In Längsschnitten durch die Wurzelspitze lassen sich die Schlauchreihen bis in das Meristem oberhalb der Wurzelhaube verfolgen. Die Zellen werden daselbst immer flacher, den übrigen Zellen ähnlicher und lassen sich, da sie wegen ihrer Kleinheit, Form und Inhalt undeutlich geworden sind, von den anderen umgebenden Meristemzellen nicht mehr unterscheiden. Verfolgt man hingegen die Schlauchreihen von der Mitte des Hypocotyls an nach aufwärts, so sieht man sie sämmtlich in die Cotyledonen austreten. Im Stiel und in der Spreite der Cotyledonen lassen sie sich fast ebenso weit verfolgen, als die Procambiumstränge der Gefässbündel bereits

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


differenzirt sind. In den Stiel jedes Cotyledo tritt aus dem Hypocotyl die Anlage eines medianen Doppelbündels und zweier einfacher lateraler Bündel ein. Die Secretschlauchreihen verlaufen im Cotyledonarstiel, nach aussen von den Gefässbündeln, anfangs in derselben Tiefe unter der Epidermis, wie im Hypocotyl, durch drei Zelllagen von der Epidermis getrennt (Taf. I, Fig. 6). Etwa in der Mitte des kurzen Stielchens beginnen die Schlauchreihen sich in ihrem Verlaufe den Gefässbündeln zu nähern, und schliessen sich bereits am Grunde der Cotyledonarspreite an die Procambiumstränge an deren Aussenseite direct an. Sie lassen sich längs diesen auf der Unterseite der Spreite bis etwa in die Mitte des Keimblattes verfolgen. Ausser diesen Milchsaftzellreihen besitzen die Cotyledonen innerhalb ihrer Spreite grosse kugelige, zerstreut liegende Secretzellen, welche als durchsichtige Punkte an dem gegen das Licht gehaltenen Keimblatt bereits makroskopisch sichtbar sind. Dieselben sind schon lange bekannt.[1] Sie erscheinen im Querschnitt kreisrund, nehmen die Höhe und Breite von 3—4 Lagen Mesophyllzellen ein und sind durch 1—3 Zellreihen von der Epidermis der Blattober- und Unterseite getrennt. Ihre Membran färbt sich mit Chlorzinkjodlösung gelb; Zacharias hat zuerst nachgewiesen, dass sie verkorkt ist. Diese Zellen enthalten ein farbloses ätherisches Öl in grösseren oder kleineren Tropfen. Dasselbe ist in Äther unlöslich, in Alkohol und Eisessigsäure leicht löslich, färbt sich mit Alkanna roth, mit Jodlösungen dunkelgelb.[2] Zu den Milchsaftschläuchen stehen diese isolirten kugeligen Secretstellen in keiner Beziehung.

Wenn wir den Befund bei anderen Convolvulaceen des behandelten Typus mit den bei *Convolvulus tricolor* bebobachteten Verhältnissen vergleichen, so zeigt sich betreffs Form und Inhaltsstoffe der jungen Milchsaftzellen grosse Übereinstimmung. Die Secretzellen besitzen im Querschnitt die beschriebene viereckige Form und sind von vier »Nebenzellen«

---

[1] Zacharias, Bot. Zeitg. 1879. S. 637. — Pax, Engler's Bot. Jahrb. VI. 1885, Literaturber. S. 54. — Hallier l. c.

[1] Vergl. Husemann-Hilger, Pflanzenstoffe. II. Aufl., S. 1138 und Flückiger-Hanbury, Pharmakographia (bei Husemann citirt).

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


umgeben. Einzelne Arten weisen polyedrische fünf-, auch sechseckige Milchsaftzellen auf, welche auch die entsprechend grössere Anzahl von »Nebenzellen« begleitet (z. B. *Pharbitis limbata* und *diversifolia*). Die Gegenwart eines gut ausgebildeten Plasmakörpers und eines grossen Zellkernes, sowie die Abwesenheit von Proteïn- und Stärkekörnern lässt sich in den jungen Milchsaftschläuchen stets constatiren. Eine auffällige Variation zeigt aber die Anordnung der Secretzellen längs der Peripherie des Stammquerschnittes. Bei *Convolvulus tricolor* liegen sämmtliche Schlauchreihen drei Zellreihen tief unter der Epidermis. Dieses Verhältniss besteht nicht in allen Fällen. Ein Querschnitt durch das Hypocotyl des Embryos aus dem reifen Samen von *Pharbitis hispida* z. B. erweist die Milchsaftzellen nicht in einen Kreis geordnet, wie wir es bei *Convolvulus tricolor* finden, sondern lässt reihenlos in dem äusseren Antheil des Rindenparenchyms zerstreute Secretzellen erkennen. Die von *Convolvulus tricolor* und *Pharbitis hispida* repräsentirten primären Anordnungsweisen der Secretzellen im Embryo sind beide weit verbreitet.

Wie *Convolvulus tricolor* verhalten sich alle untersuchten *Convolvulus*-Arten, ausserdem *Argyreia*, sowie die beiden untersuchten Genera der Dicranostyleen. *Breweria § Stylisma* und *Evolvulus*.

Die Anordnung der Secretschläuche von *Pharbitis hispida* ist sämmtlichen Convolvulinengattungen, mit Ausnahme von *Convolvulus*, gemeinsam. In Anbetracht der angegebenen Verbreitung, sowie der vielleicht vorhandenen systematischen Bedeutung der beiden Anordnungstypen könnte man sie als Untertypen (*Convolvulus*- und *Ipomoca*-Subtypus) dem Convolvuleentypus des Milchsaftsystems subsummiren. Sie sind jedoch nicht getrennt, sondern gemeinsam behandelt worden, weil die allerersten Entwicklungsstadien, sowie die weiteren Ausgestaltungen in der Keimpflanze in beiden Fällen die gleichen sind. Das einzige Unterscheidungsmerkmal bietet die reihenweise oder reihenlose Anordnung am Querschnitt des Hypocotyls und der Radicula.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


## 2. Die Entwicklung der Milchsaftschläuche im Embryo bis zur Samenreife.

Wenn wir in der Verfolgung der Entwicklungsgeschichte der Milchsaftzellen von den Zuständen im reifen Samen auf die jüngeren Stadien zurückgehen, so beobachten wir die ersten auf die Bildung von Milchsaftzellen zu beziehenden Theilungsvorgänge im Rindenparenchym des Embryos von relativ alten Samenanlagen. Der Embryo ist in allen Theilen fertig ausgebildet und die Schichten der Samenschale sämmtlich differenzirt.

Die Samenanlagen wurden in Paraffin eingebettet, die Schnitte in Xylol, sodann in Alkohol gebracht und in Glycerin untersucht. Ein Querschnitt durch das Hypocotyl des Embryos zur Zeit der ersten Anlage der Milchsaftzellen zeigt gegenüber den Verhältnissen im reifen Samen wenige histologische Unterschiede. Die Procambiumstränge der Cotyledonarspuren sind in erster Entwicklung. Die äusseren Periblemlagen bestehen aus kleinzelligem Gewebe, ein Umstand, welcher die Beobachtung der zu studirenden Theilungsvorgänge nicht selten erschwert, zumal sich die Anlagen der Secretzellen nicht scharf durch Form und Zellinhalt abheben. Der Zelltheilungsmodus stimmt ganz mit jenem überein, welchen wir später bei der Beschreibung der Ausbildung der Milchsaftzellen in den jüngsten epicotylen Theilen des Keimlings zu besprechen haben werden. Es theilt sich in allen gesehenen Fällen eine Periblemzelle successive in drei Zellen, deren eine die künftige Milchsaftzelle ist, während die beiden anderen im Vereine mit zwei zunächst centralwärts gelegenen Periblemzellen den Complex der »Nebenzellen« bilden. Der Vorgang ist meist der, dass sich eine Zelle der vierten Periblemschichte, von der Epidermis aus gezählt, durch eine Radialwand theilt. Die eine der beiden entstandenen Tochterzellen theilt sich nochmals durch eine Tangentialwand in die centralwärts gelegene künftige Milchsaftzelle und in eine peripher liegende Zelle, die eine der »Nebenzellen« bildet. Die neben der Milchsaftzelle durch die erstentstandene Theilungswand gebildete Zelle wird ebenfalls »Nebenzelle«. Es resultirt

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


aus diesen Theilungsvorgängen ein Complex von drei häufig gleichgrossen Zellen (Taf. II, Fig. 7). Die innerste derselben ist die spätere Secretzelle, die beiden anderen werden zu den peripher gelegenen »Nebenzellen«, während zwei zunächst centralwärts liegenden Periblemzellen sich zu den beiden centralwärts gelagerten »Nebenzellen« ausbilden.

Die Milchsaftzellen im oberen Theile des Hypocotyls, nahe dem Abgang der Cotyledonarstiele, bilden sich zuerst aus, und zwar im ganzen Umkreise des Querschnittes gleichzeitig. Im unteren Theile des Hypocotyls, in der Radicula, und im Bereiche der Cotyledonen erfolgt die Ausbildung der Secretzellen etwas später, und zwar successive von der Stelle des ersten Auftretens nach oben und unten fortschreitend.

Die isolirten kugeligen Secretzellen der Cotyledonen sind an Embryonen, welche die Milchsaftschläuche in allererster Entwicklung zeigen, bereits fertig ausgebildet, mit Secret erfüllt und mit verkorkter Membran versehen. Die frühesten Stadien, in welchen diese Secretzellen deutlich als solche erkennbar sind, findet man in Embryonen von Samenanlagen, die etwa die Hälfte der schliesslichen Grösse erreicht haben. Die Secretzellen übertreffen schon hier ihre Nachbarzellen 2—3mal an Grösse, sind mit wandständigem Plasmabelag und Cellulosemembran begabt. Im Centrum der Zellen sind kleine Secrettröpfchen wahrnehmbar. Mit fortschreitender Ausbildung geht die Zelle des Plasmas verlustig, füllt sich mit reichlichem Secret, ihre Wand verkorkt.

Physiologisch interessant ist das bei manchen der untersuchten Arten reichliche Vorkommen von Oxalatdrusen im Periblem und Plerom des unreifen Embryos.[1] Der Keimling im reifen Samen enthält viel weniger krystallführende Zellen, oder auch gar keine solchen. Ich fand auch deutlich kleiner gewordene Drusen im Embryo des reifen Samens, ein Befund, den man auf Lösungsvorgänge beziehen muss.[2]

[1] Mir ist nur eine Angabe über Vorkommen von Oxalatkrystallen im Embryo bekannt geworden: H. Micheels, La présence de raphides dans l'embryon de certain palmiers. (*Ptychosperma Alexandrae* und *Caryota* sp.) Bull. acad. Roy. Belgique. 3. sér. 22. 1891. p. 391.

[2] Siehe Pfeffer, Pflanzenphysiologie. I, S. 303, daselbst Literaturangaben.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


### 3. Die Ausbildung des Milchsaftsystems in der Keimpflanze.

Eine junge Keimpflanze von *Convolvulus tricolor* oder *Pharbitis hispida*, die eben ihre Cotyledonen entfaltet und sich bewurzelt hat, bietet nachstehenden Befund bezüglich ihres Milchsaftapparates.

Einer Schnittfläche des Hypocotyls entquillt eine ansehnliche Menge weisslichen Milchsaftes. Auf Quer- und Längsschnitten durch das Hypocotyl sind die uns vom reifen Samen her bekannten Verhältnisse leicht wiederzufinden. Der Querschnitt zeigt Rindenparenchym und Mark getrennt durch den fast völlig ausgebildeten Ring der Cotyledonarspurstränge. Die ersten Gefässe und Siebröhren sind ausgebildet. Die Krystallkammerfasern des Phloëms sind noch nicht angelegt. In den äusseren Schichten des Rindenparenchyms sind die Milchsaftschläuche an ihrer rautenförmigen Gestalt, sowie an der Formation ihrer vier »Nebenzellen« meist gut kenntlich, wenn sie auch, wie an Alkoholpräparaten, keinen Inhalt führen. Sie finden sich, wie im reifen Samen, bei *Breweria § Stylisma*, *Evolvulus*, *Argyreia* und *Convolvulus* in eine Reihe, drei Zelllagen tief unter der Epidermis gelegen, während sie bei sämmtlichen Convolvulinen mit Ausnahme von *Convolvulus* in der äusseren Hälfte des Rindenparenchyms reihelos zerstreut sind. Längsschnitte zeigen die einzelnen Zellen der Schlauchreihen etwa viermal so lang als breit, durch intacte, straff gespannte Querwände von einander geschieden. Die Zellen sind mit reichlichem Secret, in Form kleiner Tröpfchen, erfüllt. Letztere sind in Alkohol leicht löslich, in Wasser quellen sie auf und sintern zu grösseren Complexen verschiedener Form (»Myelinformen«) zusammen. In allen Secretzellen ist ein zarter wandständiger Plasmabelag nachzuweisen, welcher an einer Stelle den Zellkern führt.[1]

[1] Ergrünte junge Keimlinge von *Convolvulus tricolor* zeigten in Bezug auf den Inhalt der Milchsaftschläuche eine erwähnenswerthe Reaction. Werden die Keimpflanzen einige Minuten in Wasser gekocht, und hierauf behufs besserer Schnittfähigkeit in Alkohol gehärtet, so beobachtet man in den Secretzellen des Hypocotyls und der Cotyledonen eine reichliche Menge von quadratoctaëderförmigen Calciumoxalatkrystallen. Einlegen der Keimlinge in Alkohol

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Wenn wir die Vertheilung und den Verlauf der Milchsaftschläuche in dem jungen Keimling verfolgen, so begegnen uns, im Vergleich zum Embryo des reifen Samens, nur wenige Veränderungen. Dieselben beziehen sich auf das Auftreten der Milchsaftzellen in den Nebenwurzeln, sowie auf die weitere Ausbildung der Schlauchreihen in dem Spreitentheil der Cotyledonen. Die Plumula, deren erstes Blatt seine Lamina zu entwickeln beginnt, lässt jetzt noch keine Secretzellen erkennen.

In den Nebenwurzeln sind bei *Convolvulus tricolor* die Anlagen der Milchsaftzellen erst nachzuweisen, sobald die junge Nebenwurzel die Rinde der Mutterwurzel durchbrochen und eine gewisse Länge erreicht hat. Die hiebei sichtbaren Zelltheilungsvorgänge sind jenen ähnlich, welche wir bei der allerersten Bildung von Milchsaftzellen im Embryo beobachten. Es theilt sich eine Zelle des Periblems, drei Lagen von der Epidermis entfernt, durch successive Zweitheilung in drei Zellen, wodurch die beiden peripheren »Nebenzellen«, sowie die künftige Secretzelle gebildet wird. Die Ausbildung der Secretschläuche geschieht gleichzeitig in der ganzen bisher erreichten Länge der jungen Nebenwurzel. Die Schlauchreihen der Nebenwurzeln schliessen sich an Secretzellen der Hauptwurzel an.

Die Cotyledonen zeigen sich bereits vollständig mit einem System von Milchsaftzellreihen, welches den Zweigen der Gefässbündel folgt, versehen. Im Stiel liegen an seinem Abgange vom Hypocotyl die Milchsaftschläuche drei Zellenreihen von der Epidermis entfernt an der Aussenseite. Am Übergange des Cotyledonarstieles in den Spreitentheil finden wir die Secretzellen bereits den Gefässbündeln angeschlossen. Sie verlaufen fortan in der Parenchymscheide der Blattnerven meist nur an der Unterseite der Spreite. Die feinsten Auszweigungen

---

ist zum Zustandekommen der Reaction nicht nothwendig. Bringt man Schnitte aus frischen Keimlingen in eine wässerige Lösung von Calciumchlorid, so entsteht in den Milchsaftzellen ebenfalls ein Oxalatniederschlag. Es scheint demnach in den Milchsaftzellen von *Convolvulus tricolor* gelöstes oxalsaures Salz vorzukommen, welches mit Kalksalzen, die aus anderen Zellen beim Kochen diffundiren, den Niederschlag in den Milchsaftzellen erzeugt. Mit anderen als Arten *Convolvulus tricolor* gelang die Reaction nicht.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


der Blattnerven werden nicht mehr von den Milchsaftzellen begleitet; die Secretschlauchreihen endigen, bevor der Nerv seine Grundgewebsscheide auf wenige langgestreckte Parenchymzellen reducirt hat.

Bei einigen untersuchten Arten (z. B. *Pharbitis diversifolia*) sind die Cotyledonarsprangstränge des Hypocotyls bicollateral gebaut, und es finden sich den inneren Phloëmtheilen angelagert auch im Marke des Hypocotyls Milchsaftzellreihen. In diesem Fall treten die markständigen Secretzellreihen geradeso wie die rindenständigen in die Cotyledonarstiele aus und verlaufen längs der Blattnerven in der Parenchymscheide der Oberseite. Die markständigen Züge der Milchsaftzellen sind immer in viel geringerer Anzahl vorhanden als die rindenständigen.

Im Epicotyl der Keimpflanze treten Milchsaftzellen erst auf, nachdem das erste Laubblatt seine Spreite entwickelt hat und Anlagen der Gefässbündel aufweist. In einer Querschnittsserie durch das Epicotyl einer solchen Keimpflanze ist der Ort der ersten Ausbildung von Milchsaftzellen leicht zu erkennen, indem sich die jungen Secretzellen durch ihren stark lichtbrechenden Inhalt deutlich von den übrigen Meristemzellen unterscheiden (Taf. III, Fig. 3).

Es lässt sich feststellen, dass an der Basis des ersten Blattes die Milchsaftzellen bereits in Ausbildung begriffen sind, während in dem noch nicht gestreckten ersten Internodium sowie in den jüngeren Blattanlagen und Axentheilen die Secretzellen noch vermisst werden. Auf dem Querschnitt durch die Basis des ersten Blattes fallen etwa in der Mitte des Abstandes der Blattspuranlagen von der Blattaussenseite 6—8 mit stark lichtbrechendem Inhalt erfüllte Mesophyllzellen auf. Die mittleren derselben sind am grössten, oft von deutlich rhombischer Form; die lateralen sind kleiner und rundlich. Öfters sieht man sie mit zwei benachbarten gleichgrossen Zellen einen gut begrenzten dreizelligen Complex bilden.

Letztere Configurationen sind als Theilungsvorgänge aufzufassen, deren Details sich hier sehr gut verfolgen lassen, und mit den früher geschilderten Beobachtungen über Bildung von Milchsaftzellen vollkommen übereinstimmen. Der häufigste

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Fall scheint auch hier der zu sein, dass eine junge Mesophyllzelle durch eine senkrecht zur Epidermis der Blattaussenseite verlaufende Wand in zwei Tochterzellen zerfällt, deren eine sich durch eine zur Epidermis parallele Wand in die nach innen zu gelegene Milchsaftzelle und in eine der späteren »Nebenzellen« theilt.

Der Ort der ersten Ausbildung von Milchsaftschläuchen im Epicotyl der Keimpflanze ist somit der unterste Theil der ersten Blattanlage, sobald sich daselbst die Blattspurstränge zu entwickeln beginnen. Mit dem weiteren Wachsthum der Blattanlage und der beginnenden Streckung des ersten Internodiums treten die Milchsaftschläuche auch in diesen Theilen auf. Ihre Entwicklung schreitet vom Grunde des ersten Blattes sowohl nach der wachsenden Spreite zu, als auch nach abwärts im ersten Internodium fort. Diese Ausbildungsweise stimmt völlig mit der Aufeinanderfolge der Differenzirung in den Blattspursträngen überein, welche ja auch ihre ersten Gefässwandverdickungen am Übergange des Blattes in die Axe erhalten. Es geht auch die Entwicklung der Milchsaftzellen in gleichem Schritt mit der Differenzirung innerhalb der Blattspuranlagen.

Derselbe Vorgang wie der eben geschilderte spielt sich während des fortschreitenden Wachsthums des zweiten und der folgenden Blätter ab. Es treten die ersten Milchsaftzellen wiederum an der Basis des jungen Blattes auf, und bilden sich von dieser Stelle einerseits nach abwärts in der Axe, anderseits nach aufwärts in der Lamina aus.

Weil sich die den ersten Umlauf der Blattstellungsspirale bildenden Laubblätter rasch nach einander entwickeln, ehe noch das erste Internodium ein merkliches Längenwachsthum erfahren hat, so treten auch die diesen Blättern angehörenden Züge von Milchsaftzellen mit geringem Zeitunterschiede im ersten Internodium auf. Wenn auch die Secretschlauchreihen der Blätter des ersten Umkreises auf dem Querschnitt des ersten Internodiums, woselbst sie nach ihrer Abstammung geordnet erscheinen, ungleich alt sind, so ist doch die Altersdifferenz nicht genügend gross, um einen thatsächlichen Unterschied in der Entwicklung hervortreten zu lassen. Es

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


stehen sämmtliche Secretzellen des Stengelquerschnittes auf derselben Ausbildungsstufe.

Eine weitere Frage ist: wie verhält es sich mit dem Verlaufe der Milchsaftzellreihen, welche den Blättern des zweiten Umlaufs der Blattstellungsspirale entstammen, innerhalb der dem ersten Blattumlauf zugehörigen Internodien; werden zwischen die bereits vorhandenen Schlauchreihen eines Blattes des ersten Umlaufes, neue dem darüberstehenden Blatte des zweiten Umlaufes entsprechende Milchsaftzellreihen eingeschaltet, oder findet in der Insertionsebene des darunterstehenden Blattes ein Anschluss der Schlauchreihen des in der Orthostiche darüberstehenden Blattes statt? Die Befunde sprechen für letzteres Verhalten.

Eine nachträgliche Einschiebung neu ausgebildeter Züge von Secretstellen zwischen fertig ausgebildete kommt niemals vor. Dagegen gelingt es nicht selten zwei unmittelbar benachbarte Milchsaftzellen im Querschnitte aufzufinden, Bilder, welche man auf Anschluss einer höher stehenden Secretzellreihe an eine tiefer gelegene beziehen kann.

Es ist somit dem Stengel und den Blättern der untersuchten Convolvulaceen (vorläufig mit Ausnahme von *Dichondra*) ein zusammenhängendes, aus reihenweise gestellten Secretzellen bestehendes Milchsaftsystem eigen, welches in seiner Ausbildungsfolge und Vertheilung dem System der Blattspurstränge entspricht.

Die vergleichend anatomische Untersuchung einer Anzahl von Arten ergab aber ausserdem als sehr allgemeines, nur selten vermisstes Vorkommniss, dass sich in dem peripheren Theile des Markes des Stengels, in der Nähe der inneren Phloëmtheile, zerstreut gestellte Züge von Milchsaftzellen finden, welche parallel der Stammaxe verlaufen und auch sonst in ihren anatomischen Details mit den rindenständigen Secretschläuchen ganz übereinstimmen. Ihr Vorkommen ist an das Vorhandensein bicollateraler, also mit innerem Phloëmtheil versehener Blattspurstränge gebunden. In ihrer Vertheilung auf dem Querschnitt lässt sich jedoch keine Beziehung zu den inneren Phloëmtheilen erkennen. Die Anzahl der vorhandenen mark-

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


ständigen Milchsaftzellreihen ist specifisch, auch generisch verschieden. Die von uns dem Subtypus *Convolvulus* zugerechneten Arten (*Brewcria*, *Evolvulus*, *Argyreia*, *Convolvulus* sp.) besitzen nicht so viele, als die, meist kräftigeren, Pflanzen des *Ipomoea*-Typus. Bei *Convolvulus siculus* z. B. fehlen sie überhaupt. Ihre Anzahl ist stets viel geringer als die der rindenständigen Secretzellreihen.

Ihr erstes Auftreten im jungen Internodium findet zu einer Zeit statt, woselbst das Internodium bereits in Streckung begriffen ist, und die rindenständigen Milchsaftzellen völlig ausgebildet sind. Sie entwickeln sich also etwas später als die rindenständigen Schlauchreihen. Ihr Verlauf entspricht dem der rindenständigen Secretzellen. Sie gehen den inneren Phloëmtheilen parallel, wie die rindenständigen Milchsaftzellen den äusseren Basttheilen, treten in ihrem oberen Theile in einen Blattstiel aus und endigen in der Spreite. Wegen ihrer geringen Anzahl nimmt ein Blattstiel selten mehr als 1—2 Reihen der markständigen Secretzellen auf. Infolge dessen ist innerhalb der Lamina meist nur der Mittelnerv in seiner Parenchymscheide mit oberständigen Milchsaftzellen versehen.

In den jungen Achselknospen bilden sich die markständigen Schlauchreihen zugleich mit der Differenzirung der ersten Gefässe aus und schliessen sich an das markständige Milchsaftsystem des Muttersprosses an. Ebenso finden die rindenständigen Milchsaftzellen des axillären Sprosses an die corticalen Secretzellreihen des Hauptsprosses ihren Anschluss.

Die Blütenstiele werden ebenso mit Secretschläuchen versorgt wie die Achselsprosse.

Über die weitere Ausbildung des Milchsaftsystems der jungen Blätter wäre hauptsächlich das zu wiederholen, was oben über Entwicklung und Vertheilung der Secretschläuche in den Cotyledonen gesagt wurde. Die Milchsaftzellreihen verlaufen im Blattstiel anfangs nahe der Peripherie, durch drei Zellreihen von der Epidermis der Aussenseite getrennt. Sie treten hierauf, sich von der Peripherie entfernend, den Blattspursträngen immer näher, und schliessen sich an dem Grunde der Lamina der Parenchymscheide der Gefässbündel an. Sie verlaufen fortan in der letzteren, den Nerven entlang, längs der

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


grösseren Nerven zu mehreren, längs der kleineren Äste schliesslich zu 2—1. Sie endigen mit der weitergehenden Reduction der Parenchymscheide. Bei denjenigen Arten, welche markständige Milchsaftzellen im Stengel besitzen, finden sich, wie bereits erwähnt, auch an der Innenseite des Blattstieles, doch nur längs des medianen Doppelbündels des letzteren, einige Reihen von Secretzellen. Dieselben verlaufen in der Spreite entlang dem Mittelnerv des Blattes. Sie entstammen, wie schon hervorgehoben, den markständigen Zügen der Milchsaftzellen des Stengels.

Es erübrigt noch, den Zusammenhang des geschilderten epicotylen Milchsaftsystems der jungen Pflanze mit dem System im Hypocotyl zu studiren.

Eine continuirliche, geradlinige, directe Fortsetzung einer Schlauchreihe aus dem Hypocotyl in das unterste Internodium ist niemals zu constatiren. Sämmtliche Zellreihen der hypocotylen Milchsaftzellen treten in die Cotyledonarstiele ein. Anderseits ist eine blinde Endigung der aus dem Epicotyl absteigenden Schlauchreihe in der Cotyledonarebene ebenfalls nicht zu beobachten. Es ist daher ein Anschluss der Zellreihen des untersten Internodiums an die den Cotyledonarspuren folgenden Züge zu vermuthen. Derselbe findet auch thatsächlich statt. Es verlaufen die Secretzellreihen auch hier stets den Phloëmtheilen parallel. Man trifft in Querschnitten durch die Cotyledonarebene manchmal zwei unmittelbar nebeneinander liegende Secretzellen, ein Befund, der für den Anschluss von epicotylen an hypocotyle Milchsaftzellreihen spricht.

Als Resultat der Untersuchungen an jungen Pflanzen hat sich somit ergeben, dass Stamm und Blätter meist von zwei continuirlichen Systemen von Milchsaftzellen durchzogen sind. Eine Communication zwischen mark- und rindenständigem System findet niemals statt.

Es sei schliesslich noch bemerkt, dass die einzelnen Milchsaftzellen allenthalben durch intacte, straffe Querwände geschieden sind. Die Membranen geben die Cellulosereaction.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


### 4. Der Milchsaftapparat erwachsener Pflanzentheile.

Wir haben nun die Veränderungen zu studiren, welche die Milchsaftzellen nach Beendigung des Wachsthums einjähriger Theile der Vegetationsorgane erfahren. Anderseits bleibt aber noch zu untersuchen, ob und auf welche Weise perennirende Theile, welche secundäres Dickenwachsthum besitzen, mit Secretschläuchen versorgt werden.

Weder in ausgewachsenen Stengeltheilen, noch in ausgebildeten Blättern von einjähriger Vegetationsperiode werden neue Secretzellen gebildet. Wir finden in ihnen dieselbe Anordnung des secretorischen Systems wieder, wie sie von der jungen, wachsenden Pflanze geschildert worden ist.

Untersuchen wir eines der oberen, windenden Internodien einer blühenden, kräftig vegetirenden *Ipomoea*-Art, welches seine Streckung eben vollendet hat, so treffen wir auf dem Querschnitt uns bereits bekannte Verhältnisse an. Zahlreiche rindenständige, prall mit Milchsaft erfüllte, mit deutlich erkennbaren »Nebenzellen« versehene Secretschläuche; mehr oder weniger reichlich vorhandene markständige Milchsaftzellreihen, welche keine bestimmte Orientirung nach den Phloëmsträngen zeigen, und dieselben charakteristischen anatomischen Merkmale aufweisen, wie sie den Milchsaftzellen des Rindenparenchyms eigen sind. Eine weitere Untersuchung von Quer- und Längsschnitten lehrt uns dieselbe räumliche Vertheilung des Milchsaftsystems, welche wir an den jungen Internodien kennen gelernt haben. In Bezug auf Beschaffenheit von Wand und Inhalt der Secretzellen sind aber Veränderungen gegenüber den jüngeren Stadien zu constatiren. Während sich die Membran von Milchsaftzellen junger wachsender Internodien, mit Chlorzinkjodlösung oder Jod und Schwefelsäure rein violett färbt, zeigt nunmehr in den Secretzellen der erwachsenen Stengeltheile die Mittellamelle der Wand bei Anwendung der genannten Reagentien eine gelbliche Färbung, welche sich deutlich von der feinen dunkelblau tingirten Innenlamelle der Milchsaftzellen abhebt. Zacharias,[1] der dieses Verhalten

[1] Zacharias, Bot. Zeitg. 1879. S. 637.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


zuerst beschrieben hat, erbrachte zugleich den mikrochemischen Nachweis, dass es sich um Verkorkung der Mittellamelle handle. Der Zellinhalt der Milchsaftzellen weist insoferne Veränderungen auf, als nach Behandlung mit Alkohol nicht mehr das gesammte Secret in Lösung geht, wie vordem, und nur Plasma sowie Zellkern zurückbleibt. Man findet innerhalb der Secretzellen der erwachsenen Internodien farblose oder gelbe in Alkohol unlösliche Tropfen, welche von Mineralsäuren und Ätzalkalien nicht angegriffen werden, sich jedoch in Schwefelkohlenstoff leicht lösen. Sie dürften demnach aus Kautschuk bestehen. Carmin- und Anilinfarbstoffe speichern sie aus verdünnten Lösungen sehr deutlich auf, eine bereits von Vogl[1] angegebene Reaction.

In den untersten Internodien der blühenden erwachsenen Pflanze haben die Milchsaftzellen bei allen untersuchten Arten so bedeutende Veränderungen erlitten, dass es, besonders in der Stengelrinde, aufmerksamen Nachsuchens bedarf, um sie aufzufinden. Mitunter gibt nur die Behandlung des Schnittes mit Chlorzinkjodlösung die Sicherheit, überhaupt Milchsaftzellen in der Rinde nachzuweisen.

Durch das Dickenwachsthum des Stengels sind nämlich alle Rindenelemente, soweit sie nicht durch collenchymatische Wandverdickung gegen starke Dehnung und Abplattung geschützt sind, stark in die Breite gezogen und in radialer Richtung zusammengepresst. Von diesem Schicksal werden auch die Milchsaftzellen der Rinde betroffen. Man findet sie in alten Internodien meist vollkommen entleert oder zusammengedrückt der innersten Lage des subepidermalen Collenchymmantels anliegend. Ihre Wand färbt sich mit Jod und Schwefelsäure oder Chlorzinkjodlösung in allen Schichten gelb. An diesem Verhalten der Membran sind die sonst oft schwer kenntlichen Milchsaftzellen leicht von den übrigen dünnwandigen Rindenparenchymzellen zu unterscheiden.

Die »Nebenzellen« sind ganz flach bis zur Unkenntlichkeit zusammengedrückt, oder von der gleichen Form, wie die übrigen umgebenden Zellen. Die markständigen Secretschläuche

[1] Vogl, l. c.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


werden, trotzdem sie keiner Dehnung durch das Dickenwachsthum des Stengels ausgesetzt sind, ebenfalls entleert und functionslos. Sie haben in diesem Stadium vollkommen verkorkte Wände, welche gegen das Zelllumen convex vorgewölbt erscheinen, so dass die frühere polyedrische oder im Querschnitt kreisförmige Zelle einen gebuchteten Contour erhält.

Der Inhalt fehlt vollständig, oder besteht aus spärlichen gelben, krümmeligen Massen; bisweilen finden sich noch in Schwefelkohlenstoff lösliche Harztropfen in einzelnen Milchsaftzellen.

Die Untersuchung des Bastes der ausgewachsenen einjährigen Stengeltheile ergab bei allen untersuchten, dem Convolvulentypus angehörigen Arten die Abwesenheit von Secretschläuchen.

In den ausgebildeten alten Laubblättern stellen sich die eben von den Milchsaftzellen des Stengels beschriebenen regressiven Veränderungen des Zellinhaltes erst kurze Zeit vor dem Abwerfen der Blätter ein. Die Secretzellen sind natürlich hier niemals in ihrer Form alterirt und behalten ihre ursprüngliche Gestaltung fast unverändert bei, weil sie keinen Dehnungen und Druckkräften ausgesetzt sind.

Es sei noch das Vorkommen einzelnstehender Secretzellen in den Laubblättern vieler untersuchten Arten erwähnt, auf welches erst vor Kurzem Hallier[1] aufmerksam gemacht hat. Dieselben liegen im Mesophyll, im Pallisaden- oder Schwammparenchym, niemals aber in der Parenchymscheide der Blattnerven. Ihre Form ist öfters kugelig, mitunter, nach Art der Schwammparenchymzellen, leicht ausgebuchtet, manchmal sind sie in die Länge gestreckt *(Convolvulus arvensis)*. Irgendwelche Beziehungen zu den Milchsaftschlauchreihen bestehen nicht. Der Zellinhalt besteht aus einem grossen, oder mehreren kleineren farblosen, in Alkohol löslichen Harztropfen.

Die Querwände innerhalb der Secretschlauchreihen alter Pflanzen fand ich stets vor, ebenso wie in jungen Internodien. Bei alten, functionslos gewordenen Milchsaftzellen sind sie nicht

[1] Hallier, Engler's Botan. Jahrb. 16. Bd.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


mehr straff gespannt wie bei jüngeren Secretzellen, sondern erscheinen mehr weniger verbogen.

Als Resultat der Untersuchung ausgewachsener einjähriger Pflanzentheile ergibt sich somit, dass, sobald das Internodium sein Längenwachsthum beendet hat, der Milchsaftapparat in Bezug auf die Eigenschaften seiner Zellen eine Rückbildung erfährt. Die Milchsaftzellen verlieren Plasma und Zellkern, schliesslich auch ihr Secret, entleeren sich vollständig, werden in Folge des Turgorverlustes comprimirt, und ihre Membran zeigt Korkreactionen. Es ist daraus zu schliessen, dass die Function des Milchsaftsystems einjähriger Pflanzentheile mit Abschluss des Wachsthums des betreffenden Internodiums ihr Ende findet.

Es frägt sich weiter: welche Veränderungen erfährt der Milchsaftapparat in perennirenden Stamm- und Wurzeltheilen mit secundärem Dickenwachsthum? Die im ersten Jahre gebildeten rinden- und markständigen Milchsaftzellen fallen im Laufe der Weiterentwicklung ebenso wie in einjährigen Stengeltheilen der Involution anheim. Die weitere Vorsorgung des betreffenden Organs geschieht aber durch Neubildung von Secretschläuchen innerhalb des Phloëms. Das Vorhandensein von Milchsaftzellreihen im Phloëm, von denselben morphologischen Merkmalen, wie die primär gebildeten Secretzellen von Rinde und Mark, war in allen untersuchten Rhizomen und anderen perennirenden Theilen zu constatiren.

Um die Entwicklung dieser secundär entstandenen Milchsaftzellen zu studiren, wäre es nothwendig gewesen, geeignete Rhizomstücke besonders im Alter von 1—3 Jahren zu untersuchen. Derartiges Material stand mir jedoch nur von *Convolvulus arvensis* zur Verfügung, der wegen der Kleinheit der jungen phloëmständigen Secretzellen und der relativ geringen Ausbildung der Basttheile kein günstiges Object ist. Sehr geeignet dagegen ist zu diesen Untersuchungen das Rhizom von *Convolvulus Scammonia*, welches ich aber nur in alten Exemplaren erhalten konnte. Ein Querschnitt durch die Umgebung einer Cambialzone dieses sehr unregelmässig gebauten

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Rhizoms[1] zeigt uns die letztgebildeten, an ihrer Grösse und an dem Inhalt bereits deutlich kenntlichen Milchsaftschläuche in einer Region des Phloëms, in welcher die einzelnen Bastelemente insgesammt differenzirt sind (Taf. V, Fig. 3). Die Reihen der Secretzellen liegen einzeln zwischen den Phloëmzellen im Bastparenchym. Ihre Zellen sind auf dem Querschnitt kreisrund oder unregelmässig geformt, im Allgemeinen den Bastparenchymzellen ähnlich, jedoch 4—6mal grösser. »Nebenzellen« lassen sich nicht unterscheiden. Auch der Mangel der Intercellularlücken an den Ecken der Secretzellen ist hier im Gegensatze zu den primär in Rinde und Mark gebildeten Milchsaftzellen nicht charakteristisch, indem sämmtliche Phloëmzellen lückenlos aneinander grenzen. Wenn in dem lockeren parenchymatischen jungen Rindengewebe die Secretzellen eine von der kreisrunden Gestalt der übrigen Zellen abweichende Form haben, so ist dies mit dem Umstande in Zusammenhang zu bringen, dass die Milchsaftzellen die einzigen Zellen sind, welche an ihre Nachbarn, ohne Intercellularräume zu bilden, anschliessen. Sie können sich aus letzterem Grunde nicht so abrunden, wie die übrigen Parenchymzellen. Dieser Unterschied im Zellanschluss fällt im Phloëmparenchym fort.

Interessant wäre es, über die Entwicklung der gruppenweise gestellten, ungemein weiten Secretschläuchen der Wurzelknollen von *Exogonium Purga* (»*tubera Jalappae*«) Aufklärung zu gewinnen. Ich konnte mir leider trotz vieler Bemühungen keine jugendlichen Knollen dieser Pflanze verschaffen.

Mit secundärem Dickenwachsthum begabte Vegetationsorgane der Convolvulaceen bilden also nach Rückbildung der primär in Rinde und Mark entstandenen Secretzellen durch die Thätigkeit des Cambiums im Phloëm Milchsaftzellen von denselben morphologischen Charakteren, wie sie den primär aufgetretenen Secretschläuchen zukommen.

---

[1] Vergl. hiezu Schmitz, Perennirende Convolvulaceenwurzeln; Bot. Zeitg. 1874. S. 677.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


## II. Dichondratypus des Milchsaftsystems.

Der vollkommen vom erstbesprochenen Typus abweichende Milchsaftapparat von *Dichondra* wurde nur an der erwachsenen Pflanze studirt, indem mir reife keimfähige Samen, sowie unreife Samenanlagen verschiedenen Alters nicht zu Gebote standen. Es musste daher auf die Ausmittelung der Entwicklungsgeschichte des Secretionssystems während der Samenreife und Keimung Verzicht geleistet werden. Nichtsdestoweniger ergaben sich bei der Untersuchung der blühenden Pflanze eine ganze Reihe wichtiger Resultate, die eine Erwähnung verdienen.

Dass *Dichondra* ein zusammenhängendes Milchsaftsystem besitzt, scheint nicht allgemein bekannt zu sein. In Warming-Knoblauch's Handbuch[1] findet sich bei den Dichondreen (*Dichondra* und *Falkia*) angegeben: »Kein Milchsaft.« Hallier[2] erwähnt wohl die verzweigten Milchsaftzellen der Laubblätter von *Dichondra*, spricht aber nicht von Milchsaftbehältern im Stamme. Auch die anderen Autoren sprechen sich über diesen Gegenstand nicht weiter aus.

Die einschlägigen Verhältnisse wurden hauptsächlich an *Dichondra argentea* studirt. Die ausserdem untersuchten *D. repens* und *sericea* boten die gleichen Befunde, sind aber kein so günstiges Material, wie *D. argentea*.

Ein Querschnitt durch ein Internodium mittleren Alters irgend einer *Dichondra* lässt, besonders nach Tinction mit Chlorzinkjodlösung, die Milchsaftschläuche nicht allzuschwer erkennen (Taf. V, Fig. 4). Wir finden sie im äusseren Antheile des chlorophyllführenden Rindenparenchyms ziemlich vereinzelt stehend, in viel geringerer Anzahl als etwa bei *Convolvulus*, in einen von der Epidermis 4—5 Zelllagen entfernten Ring gestellt. Ausserdem sind zerstreut liegende Milchsaftzellen im Phloëm sichtbar; sie sind hier bedeutend kleiner als in der Rinde. Im Marke des Stämmchens fehlen Secretzellen. Ungefärbte Alkohol-

[1] Warming, Handbuch der systemat. Botanik; Deutsche Ausgabe von Dr. E. Knoblauch. S. 381.

[2] Hallier, l. c.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


präparate lassen an den rindenständigen Milchsaftzellen besonders die starke, weissglänzende Zellwand, und den aus der alkoholischen Lösung den Chlorophyllfarbstoff aufspeichernden, daher lebhaft grün gefärbten Inhalt der Milchsaftschläuche schön hervortreten.

Chlorzinkjodpräparate zeigen die Wand der Secretzellen rein blau, den Inhalt dagegen tief rothbraun tingirt, ein Verhalten, welches zur leichten Erkennung dieser Elemente viel beiträgt. Die baststäudigen Milchsaftzellen, die kleiner sind und keine auffällig dicke Wand haben, sind im Querschnitt nur nach der letztgenannten Methode rasch aufzufinden.

Die corticalen Milchsaftschläuche besitzen die Grösse der umliegenden Parenchymzellen, sind dickwandig, kreisrund, und schliessen, ohne Intercellularlücken zu bilden, an ihre Nachbarzellen an. Die Zahl der letzteren beträgt sechs oder auch noch mehr.

Weil die Milchsaftzelle lückenlos anschliesst und eine viel dickere Wand besitzt als die zunächst stehenden Zellen, so springt die Wand der Secretzelle in Spitzchen zwischen je zwei Nachbarzellen vor, so dass der Contour der dicken weissglänzenden Membran nach aussen zu fast sternförmig ausgezackt erscheint (Taf. V, Fig. 5). Die Milchsaftschläuche des Phloëms haben eine relativ dünnere Wand, die ebenfalls Cellulosereaction gibt. Bezüglich Form und Grösse unterscheiden sie sich nicht merklich von den umliegenden Bastparenchymzellen.

Um klare Längsansichten der Milchsaftschläuche zu gewinnen, empfiehlt es sich die zu untersuchenden Theile in Chromsäure zu härten, weil Alkohol den Inhalt der Secretbehälter stark schrumpfen macht, auch theilweise löst. Überdies färbt die Chromsäure den Inhalt der Milchsaftzellen gelb. Auch Kochen der Pflanzentheile in Natronlauge kann man zur Verdeutlichung der zu studirenden Verhältnisse gut verwenden, indem sich hierauf die Secretschläuche auf weite Strecken hin leicht freipräpariren lassen. An Längsschnitten und Macerationspräparaten überzeugt man sich bald von der auffallenden Thatsache, dass den Milchsaftschläuchen des erwachsenen Stammes die Querwände stets fehlen; der reichlich vorhandene Inhalt der

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Milchsaftbehälter setzt sich continuirlich, ohne Unterbrechung, auf lange Strecken fort. Die ausgebildeten Milchsaftschläuche von *Dichondra* besitzen also keine Querwände. In jungen Stengeltheilen gelingt es jedoch, wenn auch in seltenen Fällen, noch einzelne Querwände innerhalb der Milchsaftbehälter nachzuweisen.

Es sind also die Secretschläuche von *Dichondra* keine einzelligen Gebilde, wie die Milchröhren von *Euphorbia*, mit denen sie sonst einige Ähnlichkeit besitzen; sie entstehen vielmehr aus ursprünglich getrennten Milchsaftzellen. Man könnte sie vielleicht mit den Milchröhren jener Euphorbiaceengattungen vergleichen, für welche die Fusion aus einzelnen Zellen nachgewiesen worden ist *(Manihot, Hevea)*.[1]

Ein Plasmakörper und Zellkern konnte innerhalb der Milchsaftbehälter von *Dichondra* nicht nachgewiesen werden, weder mit den von Schmidt[2] zur Tinction der Zellkerne in den Milchröhren angegebenen Methoden (Härtung in Chrom- oder Pikrinsäure mit nachfolgender Methylgrün-Essigsäure- oder Hämatoxylinfärbung), noch auch nach dem Verfahren von Strasburger[3] (Tinction mit 45%iger Carmin-Essigsäure). Ob die ausgebildeten Milchsaftbehälter von *Dichondra* Kern und Plasma enthalten, muss demnach noch dahingestellt bleiben. Ich halte es jedoch nicht für unmöglich, dass nach Analogie der Milchsaftzellen der übrigen Convolvulaceen die Secretbehälter erwachsener Pflanzentheile von *Dichondra* ebenfalls kern- und plasmalos sind.

Die Feststellung der Einzelnheiten des Verlaufes der »Milchröhren« von *Dichondra* gelang leider nicht lückenlos, indem die erwachsene Pflanze nicht in allen Punkten ein leicht zur Klarheit führendes Material bildet. Nachfolgende Verhältnisse liessen sich sicher erkennen.

Die corticalen Milchsaftbehälter verlaufen eine gewisse Strecke weit im Stamme und treten schliesslich in einen Blattstiel ein. Im Blattstiel nehmen sie ihren Weitergang in der

[1] Chauveaud am eingangs citirten Orte und Scott, Quarterly Journal of Microsc. Science. April 1884.

[2] Schmidt, Botan. Zeitg. 1882. S. 435.

[3] Strasburger, Bot. Practicum. I. Aufl. S. 132.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Rinde der Aussenseite; sie erreichen an der Basis der nierenförmigen Spreite die Grundgewebsscheide der Blattnerven. Nun bleiben sie aber nicht, wie in den Blättern der übrigen Convolvulaceen, auf der Blattunterseite längs der Nerven, sondern weichen nach rechts und links aus, trennen sich von der Nervenscheide, gehen in das Mesophyll über, woselbst sie geradlinig gegen den Blattrand ziehen und in der Nähe desselben endigen.[1] Die Vertheilung des Milchsaftsystems innerhalb der Blätter von *Dichondra* weicht demnach wesentlich von dem bei den übrigen Convolvulaceen gefundenen Verhalten ab.

Die Art und Weise des Anschlusses von Milchsaftbehältern aus einem Internodium an Secretbehälter eines älteren Internodiums liessen sich an der erwachsenen Pflanze nicht zweifellos feststellen. Ebenso muss ich einstweilen die Frage, wie Achselsprosse mit Milchsaftbehältern versorgt werden, unbeantwortet lassen. Die wenigen Beobachtungen, die ich gelten lassen kann, sprechen dafür, dass *Dichondra* in dieser Hinsicht den übrigen Familienangehörigen sich ähnlich verhält.

Die Untersuchung des Vegetationspunktes des Stämmchens und junger Blattanlagen ergab, dass die Milchsaftbehälter sich relativ später als bei anderen Convolvulaceen sich ausbilden, nämlich erst nach vorgeschrittener Differenzirung der Leitbündel.

In den Nebenwurzeln von *Dichondra* habe ich nach Milchsaft führenden Elementen vergeblich gesucht.

Es sei noch kurz hingewiesen auf die einzeln stehenden langgestreckten, einfachen oder verästelten Milchsaftzellen im Diachym der Blätter, auf welche Elemente Hallier bereits aufmerksam gemacht. Diese Milchsaftzellen werden in der jungen Blattanlage sehr frühzeitig angelegt, und sind als dicke, spindelförmige Körper über die ganze Lamina zerstreut, wenn die röhrenförmigen Milchsaftbehälter erst als zarte dünnwandige Gebilde sichtbar sind.

Wenn wir zum Schlusse *Dichondra* einem Vergleiche mit den übrigen Convolvulaceen unterziehen, so ist bezüglich der

[1] Hallier (l. c.) gibt ein ähnliches Verhalten von *Seddera* an, von welcher Gattung ich kein lebendes Material untersuchen konnte.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Vertheilung der secretorischen Elemente im perennirenden Stämmchen der letztbesprochenen Gattung ein übereinstimmendes Verhalten mit ausdauernden ober- und unterirdischen Achsenorganen der übrigen Gattungen zu constatiren.

Die Versorgung der Blätter von *Dichondra* geschieht dagegen in abweichender Weise. Das wichtigste Ergebniss der Untersuchung an *Dichondra* ist jedoch, dass die Secretbehälter dieser Gattung nicht parenchymatische reihenweise geordnete, von einander getrennte Zellen darstellen, sondern milchröhrenähnliche, enge, dickwandige querwandlose Gebilde sind.

## III. Schlussfolgerungen.

Wir haben uns noch die Frage vorzulegen, sind die von uns auf vergleichend entwicklungsgeschichtlichem Wege gewonnenen Resultate geeignet, Aufklärungen zu gewinnen über den allgemein-morphologischen Werth der Milchsaft führenden Elemente der Convolvulaceen; sind die erhaltenen Ergebnisse für die Systematik der Familie verwerthbar; können endlich die neuen Thatsachen zur Klärung der physiologischen Bedeutung des Milchsaftsystems beitragen?

In De Bary's »Vergleichender Anatomie der Vegetationsorgane« werden die Secretbehälter der Convolvulaceen (und Sapotaceen) den Krystall- und Gerbstoffschläuchen angereiht als »Harz- und Gummiharzschläuche«. Der berühmte Verfasser will sie von den Milchröhren der Euphorbiaceen etc. vollkommen gesondert wissen. In einer von Chauveaud am Schlusse seiner mehrfach citirten Arbeit gegebenen Classification der Milchsaft führenden Elemente der Pflanzen, werden dieselben eingetheilt in Milchröhren und Milchsaftzellen. Letztere zerfallen in Milchsaftzellreihen und einzelstehende Milchsaftzellen. Dieser Autor reiht somit die Milchsaftzellreihen (wohl nur mit Rücksicht auf ihren Inhalt) den Milchröhren unmittelbar an. Die entwicklungsgeschichtliche Untersuchung des secretorischen Apparates der Convolvulaceen ergab nun sehr wesentliche Differenzen mit der Embryologie der Milchröhren, wie wir sie besonders durch die schönen Untersuchungen Schmalhausen's und Chauveaud's kennen gelernt haben.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Während die Milchröhren sehr oft als erste Differenzirung in der Embryonalanlage erscheinen, werden die Secretzellen der Convolvulaceen als letzte Gewebsdifferenzirung in dem nahezu reifen Embryo gebildet.

Dieses Verhalten spricht für De Bary's Auffassung von der verschiedenen morphologischen Natur der Milchsaftzellreihen und Milchröhren. Es wäre sehr wünschenswerth, einige Angaben über die Embryogenie der übrigen von De Bary den Milchsaftorganen der Convolvulaceen zur Seite gestellten Secretelemente zu besitzen, um auch von dieser Seite die geäusserte Ansicht bestätigen zu können. Hierüber sind aber meines Wissens noch keine Untersuchungen angestellt worden. Ebenso ist unsere Kenntniss von den Milchröhren ähnlichen Secretschläuchen der *Dichondra*-Arten noch durch die Feststellung der Entwicklungsgeschichte zu ergänzen.

Einigen systematischen Werth beansprucht das Studium des Milchsaftsystems der Convolvulaceen desshalb, weil es den Dichondreen eine weit gesonderte Stelle im System der Familie anweist, umsomehr als sich alle übrigen untersuchten Gruppen so gleichmässig verhalten haben. Ob dem von den übrigen *Convolvulinae* abweichenden und mit *Evolvulus* und *Breweria*, sowie *Argyreia* übereinstimmenden Verhalten von *Convolvulus* bezüglich seiner primären Milchsaftsystemanlagen thatsächlich systematische Bedeutung zukommt, wage ich nicht zu behaupten. Dass *Ipomoea* und die nächstverwandten Gattungen die höchstentwickelten Glieder der Familie darstellen, geht auch aus der hohen Ausbildungsstufe des Milchsaftapparates hervor.

Haben wir endlich durch das Studium der Entwicklungsgeschichte und durch den Nachweis, dass der Milchsaftapparat der Convolvulaceen ein geschlossenes System bildet, Anhaltspunkte gewonnen, welche es gestatten, Schlüsse auf die physiologischen Functionen der Secretschläuche zu machen? Der Umstand, dass der Milchsaftapparat der Convolvulaceen ein System darstellt, welches sich im Embryo bereits gleichzeitig mit den Gefässbündeln entwickelt und in der erwachsenen Pflanze ein dem Leitbündelskelet vergleichbares, continuirliches, Wurzel, Stamm und Blätter durchziehendes Organ bildet, macht es nicht unwahrscheinlich, dass die Milchsaftzellreihen gerade

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


so wie die einzelnen Theile der Gefässbündel, eine Rolle als Leitungsbahnen für gewisse Pflanzenstoffe spielen. Welcher Art diese Substanzen sind, entzieht sich zur Zeit noch vollständig unserer Beurtheilung, zumal wir über die Rolle der Gefässbündel selbst als Leitungsbahnen erst eine allgemeine Vorstellung besitzen.

Die bei *Convolvulus tricolor* gemachte Beobachtung, dass die (jungen) Milchsaftzellen gelöstes oxalsaures Salz enthalten, ist physiologisch noch nicht verwerthbar, einerseits weil diese Thatsache nur für eine Species festgestellt werden konnte, anderseits weil die Bedeutung der Oxalsäure im pflanzlichen Stoffwechsel heute noch zu wenig gekannt ist.

Nicht unwichtig für die Beurtheilung der physiologischen Bedeutung der Milchsaftzellen erscheint aber der Umstand, dass mit Beendigung des Wachsthums eines Pflanzentheils die Secretschläuche sich entleeren und der Rückbildung anheimfallen. Ihre Function muss mit Vollendung des Wachsthums des betreffenden Internodiums ablaufen.

Wenn wir schliesslich die bisher von verschiedenen Seiten über die Function der Milchsaftgefässe geäusserten Ansichten auf ihre Anwendbarkeit auf die Convolvulaceen prüfen, so ist zu berücksichtigen, dass keine unserer jetzigen Anschauungen über die physiologische Bedeutung der Milchsaftorgane einer strengeren Kritik standhalten kann. Wir haben keinen Grund bei unserer Pflanzenfamilie aus dem Befunde, dass die Milchsaftzellen in den Blättern den feinen Nervenzweigen folgen, irgendwelche Beziehungen zur Assimilationsthätigkeit der Chlorophyll führenden Zellen zu vermuthen. Ebensowenig kann man annehmen, dass das Milchsaftsystem der Convolvulaceen einen Schutzapparat für die Pflanze darstelle. Eine vorwiegend periphere Lagerung der Milchsaftzellen, sowie irgendwelche besondere Einrichtungen zum Ergusse einer reichlichen Menge Milchsaftes (Anastomosen etc.), die zur Abwehr gegen Angriffe seitens der Thiere dienen könnten, sind nicht zu constatiren. Am ehesten wäre es denkbar, dass der bei Verletzungen der Gewebe hervorquellende Milchsaft durch sein Eintrocknen einen Schutz für die wunde Stelle bildet. Es dürfte dies jedoch nur eine ganz nebensächliche Function sein.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


## IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Sämmtliche untersuchten Convolvulaceen (aus den Tribus der *Dichondreae*, *Dicranostyleae*, *Argyreinae*, *Convolvulinae*) sind Milchsaft führende Pflanzen.

*Dichondra* besitzt querwandlose Milchsaftbehälter, welche in ihrer Querschnittsform von den umgebenden Zellen nicht abweichen, an letztere jedoch lückenlos anschliessen und dickwandiger sind als jene. Ihre Membran verkorkt niemals. Alle anderen untersuchten Convolvulaceen haben Milchsaftzellreihen, deren Querwände nicht resorbirt werden. Im Querschnitt weichen (besonders die jugendlichen) Milchsaftzellen durch ihre meist viereckige Form von den übrigen Parenchymzellen ab. Durch den lückenlosen Anschluss der Secretzelle an ihre Nachbarzellen werden letztere in ihrer Form verändert und bilden charakteristische Zellcomplexe (»Nebenzellen«).

Die Milchsaftzellen entwickeln sich im Embryo zugleich mit den Gefässbündelanlagen, und zwar in den äusseren Periblemlagen. Soweit die Beobachtungen reichen, liefert eine Periblemzelle durch zweimalige Theilung eine Secretzelle und zwei »Nebenzellen«. Sie stehen im Hypocotyl der *Breweria-*, *Evolvulus-*, *Argyreia-* und *Convolvulus*-Arten einreihig, bei den *Convolvulinae* mit Ausschluss von *Convolvulus* reihenlos zerstreut.

Die Milchsaftzellreihen des Hypocotyls und der Cotyledonen stehen im Zusammenhang und bilden ein System, an welches sich die Milchsaftzellreihen des Epicotyls erst nachträglich anschliessen.

Die Entwicklung der Milchsaftzellen im epicotylen Theile der Keimpflanze hält zeitlich und örtlich gleichen Schritt mit der Ausbildung der Blattspurstränge.

Die Milchsaftzellreihen verlaufen im entwickelten Spross längs der Phloëmstränge. Sie sind stets im Rindenparenchym vorhanden. Ist ein inneres Phloëm zugegen, so besitzt auch das Mark Milchsaftzellreihen. Die Milchsaftzellreihen treten zu mehreren zusammen in einen Blattstiel aus, verlaufen in den Parenchymscheiden der Blattnerven und endigen in denselben.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Nach beendigtem Wachsthum eines einjährigen Sprosstheiles tritt Involution des secretorischen Apparates desselben ein, bestehend in Entleerung des Zellinhaltes und Verkorkung der Membranen.

Perennirende Stamm- und Wurzeltheile besitzen auch im Phloëm Milchsaftzellen, welche morphologisch mit den primär in Rinde und Mark angelegten vollkommen gleichartig sind.

Die Entwicklungsgeschichte bestätigt De Bary's Ansicht, dass die Milchröhren und Milchsaftzellreihen morphologisch ungleichwerthige Organe sind.

In systematischer Hinsicht ergab sich, dass *Dichondra* unter den untersuchten Arten eine vollkommene Sonderstellung einnimmt, während alle anderen Gruppen ein sehr übereinstimmendes Verhalten zeigen.

Betreffs der physiologischen Bedeutung des Milchsaftsystems der Convolvulaceen lässt sich die Vermuthung aussprechen, dass dasselbe ein System von Leitungsbahnen darstellt, dessen Function mit Vollendung des Wachsthums des Pflanzentheiles aufhört.

---

Die vorliegende Arbeit wurde im botanischen Institute der deutschen Universität zu Prag ausgeführt. Ich erfülle zum Schlusse die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. R. v. Wettstein für die Überlassung des Materials, sowie für seine vielfache Unterstützung während meiner Untersuchungen meinen innigsten Dank auszusprechen.

Prag, Botanisches Institut der k. k. deutschen Universität, Weihnachten 1893.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


# Figurenerklärung.

## Tafel I.

Fig. 1. Querschnitt durch das Hypocotyl (oberer Theil) des Embryos aus dem reifen Samen von *Convolvulus tricolor*. *m* Milchsaftzellen. Vergr. 85/1.
» 2. Eine Milchsaftzelle aus demselben Querschnitt bei stärkerer Vergrösserung; *m* Milchsaftzelle; *n z* Nebenzelle; *e* Epidermis.
» 3 und 4. Dasselbe. Verschiedene Typen.
» 5. Eine Milchsaftzellreihe aus dem Längsschnitt durch das Hypocotyl des Embryos aus dem reifen Samen von *Convolvulus tricolor* 450/1. Die bei verschiedener Einstellung sichtbaren Contouren der »Nebenzellen« sind als punktirte Linien in der Zeichnung eingetragen. *m* Milchsaftzellen; *n z* Nebenzelle; *e* Epidermis.
» 6. Querschnitt durch das Stielchen eines Cotyledos desselben Embryos, 85/1; *m* Milchsaftzelle; *g f b* Gefässbündelanlagen.

## Tafel II.

Fig. 1. Theil eines Querschnittes durch die Mitte eines Hypocotyls des Embryos aus dem reifen Samen von *Ipomoea atropurpurea*, 85/1. *m* Milchsaftzelle; *k* Oxalatdruse.
» 2. Eine Milchsaftzelle aus demselben Querschnitt stärker vergrössert, 450/1. *m* Milchsaftzelle; *n z* Nebenzelle.
» 3. Secretzelle aus einem Querschnitt eines Cotyledos des Embryos aus dem reifen Samen von *Calystegia sepium*, 300/1; *s* Secretbehälter.
» 4. Eine ebensolche von *Convolvulus tricolor*; 300/1.
» 5 und 6. Entwicklungsstadien derartiger Secretbehälter aus dem unreifen Samen von *Ipomoea violacea*; 300/1. *s* Secretzelle.
» 7 und 8. Unreifer Samen von *Ipomoea violacea*. Ganz junge Milchsaftzellen aus dem Hypocotyl des Embryos; 300/1. Bezeichnung wie früher.
» 9 und 10. Junge Keimpflanze von *Convolvulus tricolor*; Milchsaftzellen aus dem Hypocotyl.
» 11. Dessgleichen aus der Radicula. *m* überall Milchsaftzelle; *n z* Nebenzelle.

## Tafel III.

Fig. 1. Keimling von *Convolvulus tricolor*. Querschnitt durch eine Nebenwurzel. *m* Milchsaftzellen.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog


Fig. 2. Derselbe Keimling. Querschnitt durch den Mittelnerv eines Cotyledo; 85/1.
» 3. Derselbe Keimling; Vegetationspunkt des Epicotyls und vier Blattanlagen verschiedenen Alters; 85/1. *m* Milchsaftzellen.
» 4 und 5. Milchsaftzellanlagen aus Fig. 3 stärker vergrössert. Bezeichnung wie in der vorigen Figur.
» 6. Junges Internodium von *Ipomoea violacea*, Schiefschnitt. Rinden- und markständige Milchsaftzellen *(m)*.

## Tafel IV.

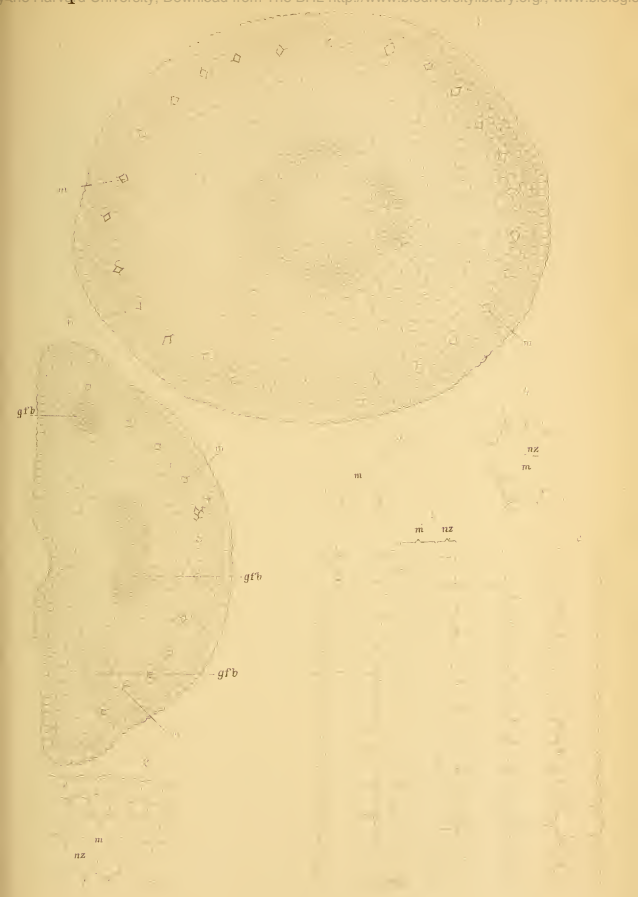
Fig. 1. *Ipomoea violacea*; Querschnitt durch ein windendes Internodium; 85/1.
» *Ipomoea violacea*; Querschnitt durch den Mittelnerv eines Laubblattes; 85/1. Ober- und unterständige Milchsaftzellen *(om, am)*.
» 3. Eine oberflächlich gelegene.
» 4. Eine tiefer gelegene Milchsaftzellreihe *(m)* im Längsschnitt aus einem alten Hypocotyl von *Ipomoea violacea*; 200/1. Die Zellen mit einzelnen Harztropfen erfüllt.

## Tafel V.

Fig. 1 und 2. Milchsaftzellen aus einem alten Internodium von *Ipomoea violacea* in Involution begriffen. Fig. 2. Das vorgeschrittene Stadium. *bf* Bastfaser, *c* Collenchymzellen; 200/1.
» 3. Querschnitt durch die Umgebung einer Cambialzone in einem alten Rhizom von *Convolvulus Scammonia*; 80/1. *m* Milchsaftzellen, *sr* Siebröhren, *g* Gefässe, *cmb* Cambium.
» 4. *Dichondra argentea*. Theil eines Querschnittes durch den Stamm. *m* die Milchsaftzellen. (Die Wand der letzteren ist grösserer Deutlichkeit halber dicker und markirter gezeichnet als es der Wirklichkeit entspricht); 85/1.
» 5. Eine Milchsaftzelle aus Fig. 4 stärker vergrössert; 450/1.
» 6. Milchsaftbehälter von *Dichondra argentea* im Längsschnitt; 450/1.
» 7. Blattquerschnitt von *Dichondra*; 240/1. *m* Milchsaftbehälter.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

The Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie




Autor del

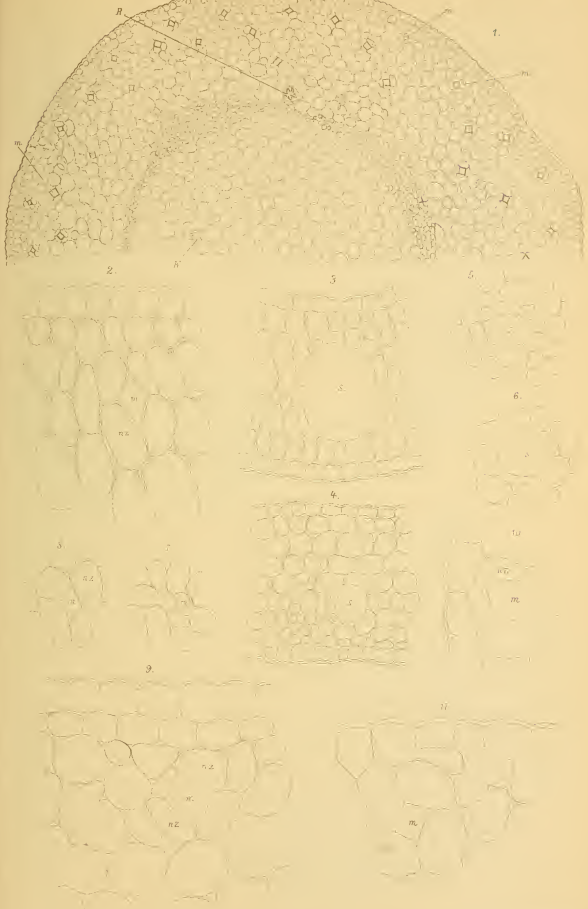
Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Classe, Bd. CIII Abth. I. 1894.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologi

F. Czapek: Milchsaftsystem der Convolvulaceen. Taf. I.

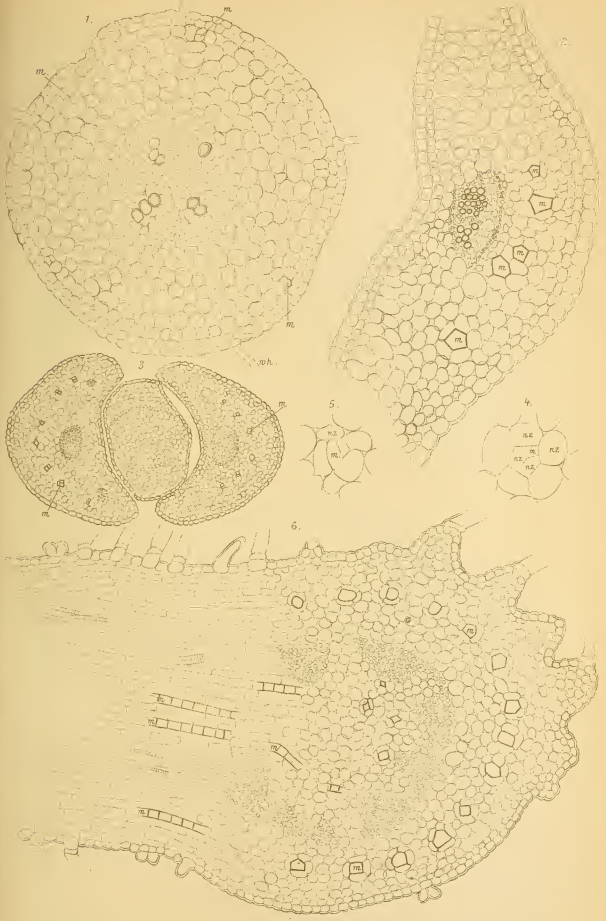



Autor del

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

y the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie




Autor del

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

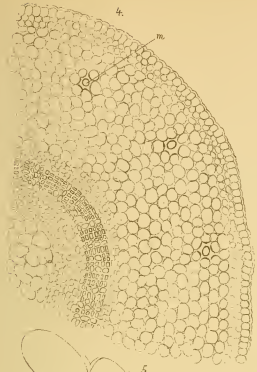
the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

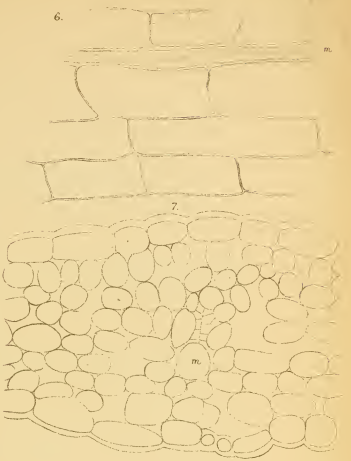
the Harvard University, download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologie

Autor del Lith Anst v. Th. Bannwarth, Wien.

the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biolog

by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiez



Autor del

Lith Anst v. Th Bannwarth, Wien

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Classe, Bd. CIII Abth. I. 1894.